

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-087635

(43)Date of publication of application : 06.04.1993

(51)Int.Cl.

G01J 3/18
 G01J 1/02
 G01J 1/04
 H01L 31/10
 H04B 10/02
 H04J 14/04

(21)Application number : 04-018185

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 04.01.1992

(72)Inventor : SEKIGUCHI YOSHINOBU

(30)Priority

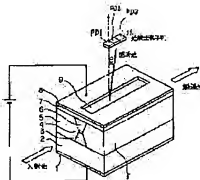
Priority number : 03 13903	Priority date : 12.01.1991	Priority country : JP
03 13904	12.01.1991	JP
03 13905	12.01.1991	JP

(54) PHOTODETECTOR HAVING DIFFRACTION GRATING

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the photodetector having wavelength tracking function or monitor function.

CONSTITUTION: A diffraction grating is formed into a light waveguide having a semiconductor light guide layer and the diffracted beam emitted to the outside of the light waveguide is detected by a photodetector row 11 consisting of a plurality of parts. The change of the emitting angle of the diffracted beam due to the wavelength change of the beam incident on the light waveguide is detected by the photodetector row 11 and, on the basis of this detection data, the current injected in the light waveguide is controlled to adjust the Bragg wavelength of the light waveguide. By this constitution, diffracted beam is allowed to be always incident on the specific part of the photodetector row 11 and detected while wavelength tracking is performed and this detection data is also used in the control of other one such as semiconductor laser.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3067880

[Date of registration] 19.05.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-87635

(43)公開日 平成5年(1993)4月6日

(51)Int. Cl. ³ G 0 1 J 3/18 1/02 1/04	識別記号 Q A	庁内整理番号 8707-2C 7381-2G 7381-2G 8422-4M 8428-5K	F I H 0 1 L 31/ 10 H 0 4 B 9/ 00	技術表示箇所 Z W
審査請求 未請求 請求項の数27(全 25 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平4-18185

(22)出願日 平成4年(1992)1月4日

(31)優先権主張番号 特願平3-13903

(32)優先日 平3(1991)1月12日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平3-13904

(32)優先日 平3(1991)1月12日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平3-13905

(32)優先日 平3(1991)1月12日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 関口 芳雄

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

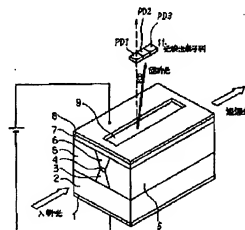
(74)代理人 弁理士 加藤 一男

(54)【発明の名称】 回折格子を有する光検出装置

(57)【要約】

【目的】 波長トラッキング機能やモニター機能などを有する回折格子を持つ光検出装置である。

【構成】 回折格子が半導体光導波路4を含む光導波路に形成され、この光導波路の外部に出力される回折光は複数の部分から成る光検出素子列11で受光される。光導波路に入射する光の波長変動による回折光の射出角の変化はこの光検出素子列11で検出され、この検出情報に基づいて光導波路に注入される電流が制御されて光導波路のブラッグ波長が調整される。これで、回折光が常に光検出素子列11の特定部分に入射する様にされて、波長トラッキングを行ないつつ光検出が行なわれる。この検出情報は、半導体レーザなど他のものの制御にも用いられる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光が入力される半導体光導波路と、該導波路に形成された回折格子と、該導波路に電流を注入するかまたは電圧を印加する為の電極と、該導波路の外周に射出される回折光を抽出する為の複数の部分から成る光検出手段とを有することを特徴とする光検出装置。

【請求項2】 前記光検出手段は、複数の光検出素子から成る光検出素子列である請求項1記載の光検出装置。

【請求項3】 前記導波路と光検出手段の間に、外部に射出される回折光の放散波路を構成する方向の電流を行なう為の電流手段が配置されている請求項1記載の光検出装置。

【請求項4】 前記電流手段はシリンドリカルレンズである請求項3記載の光検出装置。

【請求項5】 前記導波路において、前記回折格子が形成された領域から光波長以上の距離に、少なくとも1層の厚さがドブロー波長以下の量子井戸が形成されている請求項1記載の光検出装置。

【請求項6】 前記回折格子が形成された領域から光波長以上の距離の前記導波路の部分に、少なくとも2層の量子井戸とその間の障壁層を含む層が形成され、該障壁層は、該導波路に印加する電圧の変化によって、量子井戸間の結合状態を変化可能な厚さ、ポテンシャル形状に形成されている請求項1記載の光検出装置。

【請求項7】 前記量子井戸がp型及びn型の一方の導電型に形成され、該障壁層が高低位で形成されている請求項6記載の光検出装置。

【請求項8】 前記障壁層が短周期の超格子で形成されている請求項6記載の光検出装置。

【請求項9】 前記障壁層のポテンシャルがフラットバンド状態で傾斜している様に形成されている請求項6記載の光検出装置。

【請求項10】 前記量子井戸が A_1, G_{A_1}, A_s 、前記障壁層が A_1, G_{A_1}, A_s ($0 \leq x < y \leq 1$) で形成され、そして該障壁層の厚さが3 nm以上、15 nm以下である請求項9記載の光検出装置。

【請求項11】 前記導波路の一部に、電流注入により入射光を増幅する少なくとも1個の光増幅部を更に有する請求項1記載の光検出装置。

【請求項12】 前記光増幅部は、前記回折格子が形成された導波路の部分の光入射側に設けられている請求項11記載の光検出装置。

【請求項13】 前記光増幅部は、前記回折格子が形成された導波路の部分の側面、光入射側と光透過側に設けられている請求項11記載の光検出装置。

【請求項14】 前記光検出手段が、前記導波路方向に短かい受光面を持つ光検出部と、同方向に長い受光面を持つ光検出部で構成されている請求項1記載の光検出装置。

【請求項15】 前記導波路方向に短かい受光面を持つ光

(2)

2

検出部と、同方向に長い受光面を持つ光検出部とが、該導波路方向に、実質的に連続的に配列されている請求項14記載の光検出装置。

【請求項16】 前記導波路方向に短かい受光面を持つ光検出部と、同方向に長い受光面を持つ光検出部とが、該導波路方向に、分離して配列されている請求項14記載の光検出装置。

【請求項17】 前記光検出手段の複数の部分が、前記導波路に沿う方向に複数配置されており、且つ該導波路方向において、それら複数の受光面が組合的に見て連続している請求項1記載の光検出装置。

【請求項18】 前記光検出手段の複数の部分が、前記導波路に沿う方向に、互角に配置されている請求項17記載の光検出装置。

【請求項19】 更に半導体レーザを有し、前記回折格子が形成された導波路は、該半導体レーザの光軸上に設けられ、前記光検出手段で検出された信号は半導体レーザの波長および出力の少なくとも1つの制御に用いられる請求項1記載の光検出装置。

【請求項20】 前記半導体レーザと前記回折格子が形成された導波路とが、同一基板上にモリミックに形成されている請求項19記載の光検出装置。

【請求項21】 前記半導体レーザは変長可変半導体レーザである請求項19記載の光検出装置。

【請求項22】 前記半導体レーザは分布反射型半導体レーザである請求項19記載の光検出装置。

【請求項23】 前記半導体レーザはファブリペロー型半導体レーザである請求項19記載の光検出装置。

【請求項24】 前記ファブリペロー型半導体レーザの光出力の制御は該半導体レーザへの注入電流を制御して行ない、波長の制御は該半導体レーザの温度をピエゾ素子を通して制御して行なう請求項23記載の光検出装置。

【請求項25】 前記光検出手段で検出された信号は、波長トラッキングの為に前記電極を介する注入電流または印加電圧の制御に用いる請求項1記載の光検出装置。

【請求項26】 異なる波長の光信号を送出する少なくとも1つの送信端局と複数の波長の光信号を受信する受信端局が、光伝送路で接続された光通信ネットワークにおいて、少なくとも1つの送信端局に請求項25記載の光検出装置を備えたことを特徴とする光通信ネットワーク。

【請求項27】 異なる波長の光信号を送出する少なくとも1つの送信端局と複数の波長の光信号を受信する受信端局が、光伝送路で接続された光通信ネットワークにおいて、少なくとも1つの受信端局に請求項19記載の半導体レーザを有する光検出装置を備えたことを特徴とする光通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

[0001]

(3)

特開平5-87635

3

【産業上の利用分野】本発明は、光通信分野などにおいて使用される光検出装置に関する。この光検出装置は、受光光の波長変動などを検出ないしモニターして、その検出信号をフロッピングないし分岐作用部の波長トラッキングのために用いたり、レーザ発振光の波長および/または出力の制御のために用いたりする。また、このような光検出装置は、光通信ネットワークないしシステムの送受信端局に好適に用いられる。

【0002】

【従来の技術】従来、0.8 μm 帯の波長多重通信において、1波当りの波長帯幅は、受信側のフィルターの性能などを考慮して、20 nm程度とかなり広く設定されている。その為、この帯域で送信光の波長が多少変動しても十分受信可能で波長多重通信に支障を与える様なことは無く、受信側で各通信波長に対して波長トラッキング機能は必要とされていなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例では、波長トラッキング機能が必要とされない代わりに、1波当りの帯域が広いので波長の多重度を増加させることが困難であり、波長多重通信の利点が十分に生かされていなかった。

【0004】従って、本発明の目的は、この例題点に鑑み、波長多重通信において1波当りの波長帯幅を狭く設定して波長多重度を増加できる様にする等のために利用される受光光の波長変動等の検出機能を持つ光検出装置を提供することにある。

【0005】また、本発明の他の目的は、この問題点に鑑み、波長多重通信などにおいて送信側の光源となるレーザ装置の発振波長および/または出力モニター機能をサポートする光検出装置を提供することにある。

【0006】また、本発明の他の目的は、この問題点に鑑み、波長多重度を大幅に増加できる上記光検出装置を含む光通信ネットワークを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明による第1の光検出装置においては、光が入力される半導体光導波路と、該導波路に形成された屈折格と、該導波路に電圧を注入する為の電極と、該導波路の外部に出射される回折光を検出する為の検出部から成る光検出手段とを有することを特徴とする。

【0008】より具体的には、前記光検出手段は、複数の光検出素子から成る光検出素子列で構成されていたりする。

【0009】この本発明の第1の構成では、導波路に入射する光の波長変動による回折光の出射角の変化を光検出手段で検出し、この検出情報に基づいて、例えば、導波路への注入電流を制御してプラズマ効果など（キャリア注入による屈折率変化）を用いて導波路のブラッグ波長を変化させ、常に特定の光検出手段の部分に回折光が

4

入射する様になっている。

【0010】上記目的を達成する本発明による第2の光検出装置においては、光が入力される半導体光導波路と、該導波路に形成された屈折格と、該導波路に電圧を印加する為の電極と、該屈折格子に形成された傾斜かつ波長以内の距離に形成された少なくとも1層の厚さがゼロ波長以下の量子井戸とを有することを特徴とする。

【0011】この本発明の第2の構成では、量子井戸構造を用いることにより、回折格子のブラッグ波長の可変幅が拡大し、波長トラッキング幅を拡大でき、また波長可変時の応答特性が改善される。

【0012】上記目的を達成する本発明による第3の光検出装置においては、光が入力される半導体光導波路と、該導波路に形成された屈折格と、該導波路に電圧を印加する為の電極とを有し、該屈折格子が形成された傾斜から波長以内の距離の該光導波路の部分に、少なくとも2層の量子井戸とその間の隔壁層を含む層が形成され、該隔壁層は光導波路に印加する電圧によって量子井戸間の結合状態を変化可能な厚さ、ポテンシャル形状に形成されていることにより、波長可変幅を更に拡大したものである。

【0013】より具体的には、前記量子井戸がp型及びn型の一方の導電型に形成され、該隔壁層が高低層で形成されていたり、前記隔壁層が短周期的な幅で形成されていたり、前記隔壁層のポテンシャルがフラットバンド状態で傾斜している様に形成されていたり、前記量子井戸がA1,Ga_{1-x}As、前記隔壁層がA1,Ga_{1-x}As (0 ≤ x < y ≤ 1)で形成され、そして該隔壁層の厚さが3 nm以上、15 nm以下であったりする。

【0014】上記目的を達成する本発明による第4の構成を有する光検出装置においては、導波路のブラッグ波長を注入電流または印加電圧によって変化させるための電極の他に、1層以上の電圧注入用の電極が形成され、光増幅機能をもつことを特徴とする。光増幅部が光入射面に存在する場合は、入射面に垂直反射コーティングを施すことにより、増幅率を増大できる。入射光は、光増幅部において信号光の増幅とともに自然放光が重畳されるが、単位波長あたりの自然放光量は少ないので、雑音の増大もわずかで、最小検出感度が大幅に向上できる。

【0015】上記目的を達成する本発明による第5の構成を有する光検出装置においては、光導波路の外部に出射される回折光を受光するための複数の光検出器が、導波路方向に短かい受光面を持つ光検出器と、長い受光面を持つ光検出器で構成されていることを特徴とする。これにより、屈折格子のブラッグ波長から、かなり離れた波長の入射光も検出できるため、迅速な波長チューニングが可能になる。また、波長多重化された信号光の中から特定の複数の波長の光信号を同時に分岐検出することが

(4)

特開平5-87635

可能になる。

【0016】上記目的を達成する本発明による第6の構成を有する光検出装置においては、複数の光検出器を導波路に沿って複数列、しかも、その受光面が導波路に沿う方向で、斜めに設け、連続するように配置することを特徴とする。これにより、光検出装置全体をコンパクトにしたり、受光面の導波路方向の長さを短くして、光検出装置の波長分解能を向上させることが可能になる。

【0017】更に、上記抽換の目的を達成する本発明による装置および方法は、出力電力機能を有する半導体レーザー装置の光出力装置において、半導体レーザーの光路上に、回折格子を有する半導体光導波路と、該導波路の端面に入射する光が全反射を反回する為の導波路と、該導波路の端面に出力される光を抽出する為の複数の部分から成る光抽出手段とを有することを特徴とする。この本発明の構成では、モニタ部の導波路に對する光の強度変動による回折格子の傾斜の変化などに、光抽出手段で抽出し、この抽出情報を半導体レーザーへフィードバックして、半導体レーザーの長さおよびまたは出力を所望の範囲に維持することになる。

【0018】また、上記他の目的を達成する本発明による光通信ネットワークでは、異なる波長の光信号を送出す１つ以上の送信端局と複数の波長の光信号を受信する１つ以上の受信端局が、光伝送路で接続された光通信ネットワークにおいて、少なくとも１つの送信端局に上記本発明の光検出装置を備えることを特徴とする。また、該光通信ネットワークにおいて、少なくとも１つの送信端局に上記本発明の半導体レーザを有する光検出装置を備えることを特徴とする。

[0019]

【实施例】

第 1 实施 61

以下、本発明の第1実施形態を図1および図2で説明する。図1は、本発明に基く光照射部1の光照射経路と光照射素子10を有する光吸収体100の第1光吸収層の構成図である。図面において、 n -GaAsは基板2上に、順に、 n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As、 n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As光吸収層1、 n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As光導波層4 ($0.5 \mu\text{m} < t_1 < 1 \mu\text{m}$ となっている。これにより光吸収層1のエネルギーギャップの方が光導波層4のそれより大きく、層3の屈折率が小さく、層3の光吸収特性を有する)、 p -Al_{0.3}Ga_{0.7}As、 n -Al_{0.3}Ga_{0.7}As光吸収層5、 p -Al_{0.3}Ga_{0.7}Asコンタクト層7 ($0 < t_2 < 1 \mu\text{m}$) が形成される。積層構造の層の厚みは、ストレーン層3が形成後、両側エッチング後の成長長で層厚が決定される。

【0020】コンタクト層7の上には、回折光出射用窓9が形成された上部p型電極8が形成され、n-GaAs 基板2の裏面には、n型電極1が形成されている。また、Al_{0.1}Ga_{0.9}As 光導波層4の内部若しくは導波層

4から光の波長範囲内の位置に、回折格子（不図示）が形成されている。更に、回折格子付き光導波路の回折光出射用窓9の真上には、3圖の素子PD1、2、3から成る光検出素子列11が配置されている。

〔0021〕以上の構成において、導波路に光が入力すると、光導波層4内又はこれを含む導波路の付近に形成されている回折格子により回折光が導波路上面に出射される。

【0022】回折光の垂直方向からの傾斜角 θ は、回折格子のピッチ Λ と入射光の波長 λ に対し、次の関係を満たす。

$$\sin \theta = n_{\text{eff}} - q\lambda/\Lambda \quad (1)$$

ここで、 q は整数、 n_r を導波路の等価屈折率である。

〔002〕導波路に対し、ほぼ垂直な回折光の傾斜角 θ はほぼ零 ($\theta \approx \sin \theta \sim 0$) になるので、回折格子のピッチ Λ は、

$$\Lambda \sim g\lambda / n_{\text{eff}}$$

に設定されると

る傾斜角 θ の変化分 $d\theta$ は、(1)式を微分して次式で与えられる。

$$d\theta/d\lambda = (dn_{\text{eff}}/d\lambda - q/\Lambda) \quad (2)$$

本実施例では、導波路の等価屈折率は3.4~3.5となるので、 $0.8\mu\text{m}$ 帯の入射光に対し、およそ $0.24\mu\text{m}$ の回折格子を形成する($q=1$)。

【0024】このとき、入射光の波長変化に対する傾斜角の変化は、

$$d\theta/d\lambda \sim -0.3 \sim -0.4 \text{ deg/nm}$$

であった。

【025】回折光のファークォールドパターン(FDP)は、導波路に沿う方向では非常に狭く、その広がり角(θ)は 0.2° 程度であり、導波路と垂直な方向では広くその広がり角(θ)は 15° 程度である。従って、入射光の波長が 0.5 nm 程度変化すれば、反射角即ち観測角は $\sim 0.2^\circ$ 変化するので、導波路に沿う方向で回折光のビーム径程度に広がることになる。よって、光軸出射角 11.1° の導波路に沿う方向の各素子D1、2、3の受光面のサイズは回折光のビーム径(θ)程度にすれば、 0.5 nm 程度の波長変化を検出できる。

【0026】波長分解能は上方に回折される回折光の導波路に沿う方向の広がり角 (θ_p) によって制限されているので、回折格子付き導波路の回折格子と光導波路の結合効率を小さくし且つ回折格子付き光導波路を長くすることにより、 θ_p を狭くし、波長分解能を上げることが可能である。

【0027】図2は、波長トラッキング機能を有する図1の光検出装置の簡単なブロック図である。図2において、まず受信開始前の初期設定として、光導波路に入射した光の回折光の強度分布の最強領域が光検出素子列1の中央の素子PD2に入射される様に、光導波路の注

特開平5-87635

(5)

7

入電流を注入電流制御回路15で制御して回折格子のブラッグ波長を変化させる。この時、他の抽出素子PD1、PD3への入射光量は、両者等しいかゼロになる様に設定されている。この状態で受信を開始する。

【0028】受信中に入射光の波長が長い方へ変化する。抽出素子PD2の入射光量が減少すると共に、抽出素子PD1の入射光量が増加し抽出素子PD3の入射光量は減少するかのままである。比較回路16で、PD1（抽出素子PD1の入射光量）-PD3、及びPD2-PD1（又はPD3）を演算することで、この入射光の波長の变化の量と方向が分かる。そこで、比較回路16で注入電流制御回路15を制御して光導波路への注入電流を減少させて、回折格子のブラッグ波長を長波長側へシフトさせる。これで、抽出素子PD1、PD3の入射光量を増やすか減らすかのシフトにより、回折光の入射角度は中央の抽出素子PD2になる様にする。一方、入射光の波長が短い方へ変化した上記入射光量は減少した場合は、光導波路への注入電流と同様の仕方でも増加させて回折格子のブラッグ波長を短波長側へシフトさせ、同時に回折光の射出角を制御する。こうして、入射光の波長が変化しても光導波路からの回折光が常に光抽出素子列11の中央の抽出素子PD2へ入射する様にでき、入射光の波長トラッキングが可能となる。この際、注入電流と回折格子のブラッグ波長との関係は、前もって測定されていて注入電流制御回路15に記憶されている。

【0029】第2実施例

図3は、本発明の第2実施例である。光導波路から出射される回折光のファーフールドパターン（FFP）は、前述したように、導波路に沿う方向では非常に狭くその広がり角（ θ_p ）は、 0.2° 以下であり、導波路を横切る方向では広く、その広がり角（ θ_v ）は 15° 程度である。このように導波路を横切る方向における広がり角が大いなので、光抽出素子列11に入射する光量は、全放射光量の数%程度になっしまう。

【0030】そこで、光導波路と光抽出素子列11の間にシリンドリカルレンズ12を配置して、回折光の導波路を横切る方向の集光を行なうことにより抽出素子列11に入射する光量を増加させ、光導波路に入射する光が弱くても波長トラッキングが有効に行なわれるようにしたものである。その他の構成は、第1実施例と同じである。図3において、図1と同一符号で示すものは、同一機能部分ないし要素を表わす。

【0031】第3実施例

次に、本発明の第3実施例を図4で説明する。図4は、本発明に基づく回折格子付き光導波路と光抽出素子列を有する光抽出装置の第3実施例の入射側から見て左半分の示す断面構成図である。同図において、 $n-GaAs$ 基板22上に、順に、 $n-AlGaAs$ クラッド層23、厚さ10nmのGaAs井戸層31を10層、

8

厚さ10nmのAlGaAs層32（ $0 \leq y < x < 1$ ）を11層交互に積層した超格子導波路層24、厚約260nmの2次の回折格子33、 $p-AlGaAs$ クラッド層26、 $p-AlGaAs$ コンタクト層27が形成される。横方向の縦じまめは、エッチング後の再成膜で保護された高抵抗AlGaAs膜の込み層25で行なわれる。コンタクト層27の上には、回折光射出用窓29が形成された上部凸型高抵抗28が形成され、 $n-GaAs$ 基板22の裏面には、 n 型電極21が形成されている。

【0032】この構成において、量子井戸31は、回折格子33の傾域から光波長以外の距離にあり、その厚さはドブロイ波長以下である。更に、回折格子付き光導波路の回折光射出用窓29の真上には、第1実施例の図1に示すのと同じく、3個の素子PD1、2、3から成る光抽出素子列11が配置されている。以上の構成において、導波路に光が入射すると、光導波路24内又はこれを含む導波路の付近に形成されている回折格子43により回折光が導波路上面に出射される。この時、入射光の波長が回折格子33のブラッグ波長と一致していれば上記回折光は導波路から垂直な方向に出射される。この事情は、第1実施例と同じである。

【0033】第1実施例と異なる点は、第3実施例では超格子導波路層24に電流を注入するのではなく逆バイアスを印加する。逆バイアスを印加しない時の回折格子33のブラッグ波長は870nmであり、量子井戸構造31、32の吸収端は850nmであり、従ってブラッグ波長の光（これは入射光である）に対し量子井戸構造31、32は十分低損失になっている。高抵抗28に5Vの逆バイアスを印加すると、回折格子33のブラッグ波長は約7nm短くなった。これは、量子井戸構造31、32のQCE効果（量子閉じ込めシタル効果）に伴う屈折率の大きな変化により生じたものである。これにより、回折格子33付き光導波路と複数の光抽出素子PD1、2、3で構成される波長トラッキング機能を有する光抽出装置の波長トラッキング範囲は、光導波路へのキャリア注入によるプラズマ効果などによるブラッグ波長の可変域（数nm程度）と比べて、863~870nmと拡大された。また、波長可変時の応答遅延は、光導波路へのキャリア注入時間を要しないので、キャリア注入する場合と比べて（この場合、キャリア注入のみの時間を必要とするので数nsと違い）、500ps程度と大きく改善された。

【0034】尚ほ第1実施例とは不同点として、図1をも参照しながら説明すると、まず受信領域の初期設定として、光導波路に入射した光の回折光の強度分布の最強度域が光抽出素子列11の中央の素子PD2に入射される様に、光導波路への印加電圧を制御して回折格子33のブラッグ波長を変化させる。この時、他の抽出素子PD1、PD3への入射光量は、等しいかゼロに

(6)

特開平5-87635

9

なる様に設定されている。この状態で受信を開始し、受信中に入射光の波長が長い方へ変化すると、抽出素子PD2の入射光量が減少すると共に、抽出素子PD1の入射光量が増加し、抽出素子PD3の入射光量は減少する。このままである。比較手段で、PD1（抽出素子PD1の入射光量）-PD3、及びPD2-PD1（又はPD3）を演算することで、この入射光の波長の変化の量と方向が分かる。そこで、比較手段で電圧印加手段を制御して光導波路への印加電圧を減少させて、回折格子33のブラッグ波長を長波長側へシフトさせ、抽出素子PD1、PD3の入射光量を等しくさせるかゼロにすることにより回折光の最強領域が中央の抽出素子PD2に入射される様にする。一方、入射光の波長が短い方へ変化した場合は、光導波路への印加電圧を増大させて回折格子33のブラッグ波長を短波長側へシフトさせ、同様に回折光の射出角を制御する。こうして、入射光の波長が変化しても光導波路からの回折光が常に光検出素子列11の中央の抽出素子PD2へ入射する様にでき、入射光の波長トラッキングが可能となる。

【0035】第4実施例

先ず、第4実施例の動作原理を説明する。超格子構造において、障壁層が薄く量子井戸が結合状態にある場合、この超格子構造の屈折率（ n_1 とする）は、障壁層と量子井戸層を仮せた媒質（超格子構造に含まれる各成分をこれと同量の割合で含む媒質）の屈折率（ n_2 とする）には等しいが（ $n_1=n_2$ ）、障壁層が比較的厚く、量子井戸層が結合状態にない場合の超格子構造の屈折率（ n_3 とする）は広い波長範囲において、 n_2 より0.1程度大きくなること（ $n_3+0.1 \leq n_2$ ）が知られている（Journal of Electronic Materials, vol. 12, p. 397 (1983) 参照）。

【0036】従って、超格子構造の比較的厚い障壁層に電界を印加してこのポテンシャル分布を変化させ、実効的に障壁層のポテンシャル高さ、形状を変化させると、量子井戸層の結合状態が変化することになり、その結果、超格子構造の屈折率が大きく変化する（量子井戸層が結合状態にある時は比較的屈折率が小さく、結合状態にない時は比較的屈折率が大きくなる）。

【0037】本実施例は、こうした原理により、電圧印加領域である超格子構造の半導体光導波路の屈折率を吸収損失の増大を伴わずに大きく変え、回折格子のブラッグ波長を変化させることで、光導波路への入射光の波長が変動しても外部へ出射する回折光が常に光検出手段の所定部分にまで抽出される様になっている。ここでは、導波路へのキャリア注入により屈折率変化を利用するものでも、また量子井戸を有する導波路に電界を印加して量子準位エネルギー差の光の吸収増大により屈折率の変化を利用するものでもなく、上記の如き状態で超格子構造を用いるものなので、回折格子のブラッグ波

10

長の可変幅が更に拡大し、波長トラッキング幅を拡大でき、また波長可変時の応答特性が更に改善される。また、導波路の光吸収損失が増大するという欠点や、屈折率変化が吸収付近の波長の光に限定される利用できる光もその辺りの波長に限定されるという様な欠点もない。

【0038】以下、第4実施例を図5で説明する。図5は、本発明に基づく回折格子付き光導波路と光検出素子列を有する光検出装置の第4実施例の半導体断面構成図である。図5において、n-GaAs基板42上に、順に、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Asクラッド層43、厚さ5nmのn-GaAs井戸層51を10層、厚さ6nmの高抵抗Al_{0.1}Ga_{0.9}As層52（ $0.5 < x < 1$ ）を11層交互に積層した超格子導波路層44、層厚約260nmの回折格子層53、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Asクラッド層46、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Asコンタクト層47（ $0 < x < 1$ ）が形成される。積層方向の順に述べ、エッチング後の再成長で形成された高抵抗Al_{0.1}Ga_{0.9}As層め込み層45で行なわれる。コンタクト層47の上には、回折光射出用窓49が形成された上部p型電極48が形成され、n-GaAs基板42の裏面には、n型電極41が形成されている。

【0039】この構成において、量子井戸51は、回折格子53の領域から光波長以内の距離にあり、その厚さはドブロイ波長以下である。更に、回折格子付き光導波路の回折光射出用窓49の真上には、第1実施例の図1に示す如く、3層の素子PD1、2、3から成る光検出素子列11が配置されている。

【0040】以上の構成において、導波路に光が入力すると、光導波路44内又はこれを含む導波路の付近に形成されている回折格子53により回折光が導波路上に射出される。この時、入射光の波長が回折格子53のブラッグ波長と一致していれば上記回折光は導波路から垂直な方向に射出される。この事情は、第1実施例と同じである。

【0041】第4実施例では、第3実施例と同様に、超格子導波路層44に逆バイアスを印加する。上記構成において、バイアスを印加しない時の回折格子53のブラッグ波長は875nmであり、超格子導波路層44の吸収係数は約20nmであった。電極48に-5Vの負バイアスを印加すると、回折格子53のブラッグ波長は約10nm短くなった。これは、集バイアス時は障壁層52に印加される電界が自己バイアス（n-クラッド層43とp-クラッド層46によるもの）のみで障壁層52のポテンシャル分布の傾斜は小さく、量子井戸51間の結合程度は小さいので、超格子導波路の屈折率は同一A1組成の媒質の場合の値に比べておよそ0.1程度大きな値であるからである。一方、集バイアスを印加すると、量子井戸51はn型にドープされているが電界はすべて障壁層52に印加され、そのポテンシャルの傾斜が大きくなるので、実効的に障壁層52のポテンシャル

(7)

特開平5-87635

11

高さが低くなり、天井と戸口5.1m間の柱間位置が小さくなった。屈折率は同一A-100の屈折率の値に近付き小さくなるからである。この時の屈折率の値に対して、光散乱の増えに伴わないので光透過率の光損失は変化しない。このように、回折戸5.3付きの光透過と振動の光損失出雲子PD1、2、3で構成される波長選択リソグラフィ装置を有する光損失出雲の波長リソグラフィ装置は、光透過率へのキャリヤ注入によるプラズマ効果などによる波長選択の波長の変動(数nm程度)などによって、8.65~8.75nmと拡大された。また、波長可変時の光透過率は、光透過率へのキャリヤ注入回折率を要しないので、キャリヤ注入する場合と比べてこの場合、キャリヤ注入の時の時間が必要とすると数ns程度と短い、5.00×10⁻⁹s程度と大きく改善された。

【0042】遷移電子導波路図5-1、5-2のポテンシャル分布には様々の態様があり、図6、7、8にその例を示す。図6の例では、フラットバンド状態で遷移層5-2-1のポテンシャルが傾斜している様に遷移電子導波路図5-1-1、5-2-1、クラッド層4-3、4-6を形成している。図7の例では、遷移層5-2-2のポテンシャルが傾斜して導波路定数になる様に遷移電子導波路図5-1-2、5-2-2を形成している。図8の例では、遷移層5-2-3が更に短周期の超格子で形成されている。これらの例では、電圧を印加した際に電子が井戸5-1-1、5-1-2、5-1-3の結合が密に生じることになる。

(10043) 曲線は3実例ともにほとんど一致しており、図1を参照しながら説明すると、まず受光面傾角の初期設定として、光導波路に入射した光の回折光の強度分布の極大強度が光強度計下開1-100中央光線PD2に入射する位置、光導波路43の印刷電圧を電圧印加手段で制御して回折係数5.3のブラッグ波長を変化させる。この時、他の検出系下PD1、PD3への入射光量は等しくおこなわれるにほぼ設定されている。この状態では受光面傾角、受光面中心の入射光の波長が同一であり、検出系下PD2の入射光量が減少すると共に、検出系下PD1の入射光量が増加し検出系下PD3の入射光量は減少するかの状態である。比較手段で、PD1(検出系下PD1)の入射光量 - PD3、及びPD2 - PD1(又はPD3)を演算すると、この2つの波長の波長の値と方向が分かる。そこで、比較手段で電圧印加手段を制御して光導波路43の印刷電圧を変化させて、回折係数5.3のブラッグ波長を波長範囲フレットせ、検出系下PD1、PD3の光強度を等しくさせるかゼロにするかにより回折光の最終強度が中央の検出系下PD2にて射入される基準にする。一方、入射光の波長が短く、方向が変化した場合、光導波路43の印刷電圧を短波長方向に変化させて回折係数5.3のブラッグ波長を短波長フレットさせ、同時に回折光の方向を制御する。こうして、入射光の波長が100中央光線下PD2の回折光の強度が検出系用下開1-100中央光線下PD2

13

2へ入射する様にでき、入射光の波長トラッキングが可能となる。

【0044】第5实施例

上記第1実施例などによる波長トラッキング機能を有する光検出装置は、回折格子を成した半導体基板表面に波長高反射入射または電圧印加用の電極、及び前記導波路の外側に射出される回折光を受光できる位置に配置した傾斜の光検出器、回折格子に入射する光の波長変動による回折光の射出角の変化を前記傾斜の光検出素子により検出し、常に特定の光検出素子に回折光が入射されるように導波路のブラッグ波長を注入電圧または印加電圧によって変化した際の制御手段によって行なわれていた。

(1045) しかしながら、これらの実施例では、入射光強度が弱いと屈折光の強度も弱くなり、検出強度が低下してしまう。そこで、光導波路に増幅機能を加えることにより、装置の検出感度を大幅に改善できる。第5実施例はこのような実施例である。

【0046】図9は、本実施例の特徴をもっともよく表わす図面であり、回折格子付き光導波路部123と光増

増幅122は光出射素子121の配置を示している。回折格子状光導波路部123及び光増幅部124には、 $n = \text{GaAs}$ 、基板112上には、 $n - \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 光閉じ込め層113、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.5 < x < 1$) 光波導層114、高屈折率 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 光閉じ込め層115、 $p - \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 、 $n - \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 光閉じ込め層116、 $p - \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x < 1$) コンタクト層117が形成されており、 n 型基板112の反対側には、 n 型電極111が形成されている。回折格子状光導波路部123には回折光出射用意120が形成されたとする。増幅部119が形成されており、増幅部122には上層p型電極118が形成されている。

【0047】また、AlGaAs光導波路114内部もしくは導波路114を含む光導波路から光の波長範囲内の位置に、回折格子124が形成されている。3個の光抽出素子121は、回折格子付き光導波路の回折光射出素子120の真上に配置されている。導波路の両端面には無反射コーティング125が施されている。

(10048) 次に、本実施例の動作について説明する。

電極118より発振した電波により電流を注入した状態
で、無反射コネクション125を遮断して注入した光は
光増幅部122と透過すると増幅され、回折格子1
24によって回折光が電波路上面に射出される。この
時、射出される回折光の強度は、光増幅部122がある
こと、前記実施例における光増幅部の増幅率よりも
ものごとくことができる。光増幅部122では、信号光
の増幅とともに自然放光出力も増量されるが、各光検出素子
では、回折格子により直線成分に分岐された信号光が検
出されなれば、増量される自然放光出力の信号光より
一長波長成分のみが観測される。従って、自然放光の出
50 力値にもかわらず、S/N比を十分に改善できる。

(8)

特開平5-87635

13

〔0049〕導波路の構造は、光増倍部122および回折格子付き光導波路部123とも同一の構成をとっているため、製造工程が簡便になる。また、両者間の光結合を必要となく結合部を考慮する必要がなくなる。波長トラッキングの方法等については、第1実施例などと同である。

【0050】第6实施例

図1には、本実験の第1回実験時の構造を示す図であり、回折格子付光導波路第143と第1回光導波路146の位置を示している。回折格子付光導波路第143及び第1回光導波路146は、第2回光導波路142、146と比べ、 $n-GaAs$ 基板132上に、 $n-Al_1Ga_{1-x}As$ 光導波路143、146に、 $n-Al_1Ga_{1-x}As$ ($0 \leq x < 1$) 光導波路134、高抵抗 $n_1Ga_{1-x}As$ 光導波路135、 $p-Al_1Ga_{1-x}As$ 光導波路136、 $p-Al_1Ga_{1-x}As$ ($0 < z < 1$) コンタクト層137が、導波路の長手方向を、基板132面内の両端方向に於て直交しているか否かを基準に決定して、形成されている。本型基板132の反対側には n 型電極131が形成されている。回折格子付光導波路第143には、回折光利用効率140が形成された上部 n 型電極139が形成されており、光導波路142、146には高 x 部 p 型電極138、147が形成されている。

(0051) 型, $\text{Al}_2\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 光導波路 14 内部にも入れられ、各光導波路の長さ、波長範囲の内部に、図 9 格子 144 が形成されている。3 個の光導波路系列 141 は、図 9 格子付光導波路 143 の図 9 出力用対 140 の真上と配置されている。次に、本実施例の動作について説明する。導波路の端面を導波路の長手方向に垂直に切る。垂直に切ることで、端面の反対側に、光導波路 142 の 140 発振と光強度を大々減らすことができる。電圧 138 により発振と大々減らした導波路の端面を入射光側と、無反射コーティングを施した反射側とし、光導波路 142 を通ることで増強され、図 9 格子 144 によって図 9 出力光が導波路 140 に入射される。この時、出力される図 9 出力光の強度は、光導波路 142、144 がある場合、1 割 1 割増しとされる。図 9 出力光の強度より強いものとするとき、光導波路 142 によって、信号光の増強とともに自然放出が、光増強が、光放出は、高効率に反して行うので、S/η 出力は大幅に減速する。

【0052】また、第二の増幅部146によって、透過光のグレーティング144による損失分が補われ、入射光と同じ強度の透過光が得られる。波路部の構造は、第8実施例と同じ、光幅部142、146および屈折率付き光導波路部143と同一の構成をとっている。該導工程が簡易になる。また、両者間の光軸合わせをする必要がなく、結合損失を考慮する必要がなくなる。

〔0053〕第7实施例

上記実施例では、入射光の波長に、回折格子のブラッグ波長を近づけるために、回折格子付き光導波路に電流注入や電界印加が出来るように構成されている。しかしながら、上記実施例では、光検出装置を立上げた際、入射光の波長と回折格子付き光導波路のブラッグ波長が大きく異なる状態では、ブラッグ波長に入射光の波長にチューニングするのに多少時間がかかってしまう。

【0054】第7実施例はこの問題点を解決するものである。本実施例によれば、光導波路の外部に出射される回折光を受光するための複数の光検出器が、導波路方向に短く交差面を持つ光検出器と、同方向に長い交差面を持つ光検出器で構成されていることにより、回折格子のブラッグ波長から、かなり離れた波長の入射光も検出できると、迅速な波長チューニングが可能になる。また、波長多量された信号光の中から特定の複数の波長の光信号を同時に分岐抽出することも可能になる。

【0055】図11は、導光部実施例の特徴を最もよく表わす断面図であり、回折格子状光導波路と光輸出窓を有する構成を示している。回折格子状光導波路は、 $n\text{-GaAs}$ 基板62上に、 $n\text{-Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ 、 x が光出力窓63、 $\text{Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x < 1$) 光導波路64、高抵抗 $\text{Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ 層65、 $p\text{-Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ 光出力窓66、 $p\text{-Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x < 1$) コンタクト層67、回折光出力用導波路68が形成された上部。光導波路68が形成された、 $n\text{-GaAs}$ 基板62の反対面側面61が形成されている。また、 $\text{Al,Ga}_{1-x}\text{As}$ 光導波路64内部もしくは該導波路64を含む導波路から光の放射長範囲10の位置に、回折格子が形成されている。5つの光輸出窓71〜75は、導波路64の上方で、回折光出力窓69の真上〜真下に配置されている。

【0056】導波路に光が入射すると、回折格子により回折光が導波路上面に出射される。この回折光のファークナルドパターン(FFP)は、前述したように、導波路に沿う方向(θ)が $\sim 0.2^\circ$ 、導波路を横切る方向(ϕ)が $\sim 15^\circ$ である。また、回折光の出射角 θ (垂直方向からの傾斜角)と、入射光の波長と回折格子のブラッグ波長との差 $\Delta\lambda$ の関係は、およそ $\Delta\theta/\Delta\lambda \sim 0.3 \sim 0.4 \text{ deg/nm}$ である。したがって、波長分解 $\sim 0.5 \text{ nm}$ を得るためには、導波路に沿う方向の受光面の長さを、FFPのビーム径の半長に設定しければならない。

【0057】一方、入射光の波長が、回折倍子のブラッグ波長から10nm離れていても、回折光の出射角 θ の $\Delta\lambda$ 依存性は、ほとんど変化しないので、この場合、出射角は $\sim 3^\circ$ 程度になる。つまり、1例として、光検出器列1~75と導波路の距離を10nmとすると、波長分解能 ~ 0.5 nmを得るためには、中央に配置された検出器72、73、74の導波路に沿う方向の受光面

15

の長さ $\sim 30\mu\text{m}$ 以下が必要であり、又、ブラッグ波長から 10nm 離れた光までを抽出するために、端に配置された抽出器71、75の導波路に沿う方向の受光面の長さは、 $\sim 0.5\text{mm}$ 程度必要となる。

【0058】一方、ブラッグ波長の变化は、回折格子付き光導波路に電圧注入、又は高圧印加することによる有効屈折率の増大によって得られるものである。したがって、入射光の波長は、電圧注入がない場合、又は高圧印加がない場合のブラッグ波長18より、常に短波長側に設定される必要がある。しかし、回折格子付き光導波路の温度が上昇すれば、ブラッグ波長は温度に $\sim 0.07\text{nm}/\text{deg}$ の依存性で、長波長側にシフトするので、ヘルツェ素子による温度制御を追加すれば、ブラッグ波長の長波長側への変化も可能である。

【0059】第7実施例はこのような構成を有するので、入射光がブラッグ波長から相当に離れていても、端に配置された抽出器71、75でこの光が抽出され、有効に波長トラッキングができる。動作は実質的に第1実施例と同じである。

【0060】第8実施例

図12は、波長多重化された入射光から特定の2波の光信号を分岐抽出するための、光抽出器列の構成図である。他の部分は上記第7実施例と同じである。光抽出器列は、導波路に沿う方向に受光面の長い第1光抽出器81と、これより多少離れて、導波路に沿う方向に受光面の短い複数の光抽出素子より成る第2光抽出器82、83、84により構成されている。一方、入射光は、 λ_1 と λ_2 ($i=1, 2, \dots, n$)で構成されており、 λ_1 は波長多重通信の他の制御信号を含ひため、常時受信する必要がある、かつ、帯域も広いので、波長のトラッキングを必要としない。 λ_2 は λ_1 の波長とは充分離れており、波長多重度を上げるため、各々の帯域は狭いので波長トラッキングを必要とする。上記の入射光が、回折格子付き光導波路に入射すると λ_1 の光信号は、第1光抽出器81により常時受信される。一方、 λ_2 の光信号のうち、特定の信号 λ_3 が、第2光抽出器82 \sim 84で受信出来るように、回折格子のブラッグ波長を注入電圧や印加電圧により変化させるとともに、受信を継続するための波長トラッキングを第2光抽出器82 \sim 84で行なう。この動作は第1実施例と同じである。

【0061】光抽出器の受光面の長さや配置は、回折格子の特性、導波路と抽出器列との距離、入力光の波長成分に大きく依存するが、回折格子の特性を第7実施例程度とし、入力光の構成は、 λ_1 と λ_2 の中心波長の差は 20nm 、 λ_1 の波長変動は $\pm 1\text{nm}$ 以内、 λ_2 の各波長は 0.5nm づつはなれて4波多重化されていて、導波路と抽出器列の面直方向の距離は 10mm とすると、 λ_1 と λ_2 の回折光の出射角 θ_1 、 θ_2 の差は $\sim 6^\circ$ 程度であり、第1光抽出器81が λ_1 を常時受信するために、 (λ_1) の波長変動幅) プラス (ブラッグ波長の可変

(9)

特開平5-87635

16

幅)の入射光、 $\pm 2\text{nm}$ の波長帯域を抽出する必要がある。出射角にすると、 λ_1 の光から $5.4^\circ \sim 6.6^\circ$ の光を抽出すればよいので第2光抽出器82 \sim 84から、導波路に沿う方向に 1mm 程度離れて、導波路に沿う方向の受光面の長さが 0.2mm 以上の抽出器81を配置すればよい。一方、第2光抽出器82 \sim 84は、 0.5nm 離れた2つの信号を分離する必要があるため、各光抽出器82、83、84の受光面の長さは、 $\sim 100\mu\text{m}$ 程度が必要である。この際、波長トラッキングが行なわれるとともに、波長 λ_1 の制御信号の出射角も多少変化するので、これは第1光抽出器81が十分長く形成されているので問題にならない。

【0062】第9実施例

上記実施例では、複数の光抽出器ないし素子は、導波路に沿う方向に1列に配置されていた。しかしながら、光抽出器を1列に配置した場合、表面電荷や素子分離のため、受光面を連続にすることは不可能であった。このため、光抽出器と光導波路の距離を極めて、光抽出器全体をコンパクト化し、光抽出器の受光面の導波路に沿う方向の長さを短くすることによる波長分解能の向上には限界があった。そこで、第9実施例によれば、複数の光抽出器を、導波路に沿って複数列、しかも、その受光面が導波路に沿う方向で、接合的に見て、連続するように配置することにより、光抽出器全体をコンパクト化し、受光面の導波路方向の長さを短くして、光抽出器の波長分解能を向上させることが可能になった。

【0063】図13は第9実施例の特徴を最もよく表す概念図であり、複数の光抽出器は回折格子付き光導波路に沿う方向に2列で、しかも、受光面が導波路方向で連続となるように、2列の抽出器は互いに配置されている。

【0064】各光抽出器の受光面91、92、93、101、102、103はそれぞれ、表面電荷や素子分離の電気的分解のため、光を検知しない領域 (不図示) に囲まれている。従って、この光を検知しない領域を互いに補うように2列の抽出器の受光面が配置されている。

【0065】回折格子付き光導波路から、出射される回折光のファーストオーダー (FFP) は、導波路に沿う方向の広がりが角 (θ_p) が 0.2 度以下であり、導波路を横切る方向の広がりが角 (θ_t) が 1 度程度である。従って、抽出器の位置における回折光の照射領域 (図13の斜線で示す)は、導波路に沿う方向に短く、導波路を横切る方向に長い帯状になるので、2列の光抽出器は、上記のごとく配置すれば、互いの光抽出器列の光を検知しない領域をカバーすることが可能である。

【0066】一方、抽出される光の波長分解能は、回折光の導波路方向の広がりが角 θ_p と、回折光の出射角 θ の変化 $\Delta\theta$ の、入射光とブラッグ波長の波長差 $\Delta\lambda$ の依存性 $\Delta\theta/\Delta\lambda = -0.3 \sim -0.4 \text{ deg/nm}$ と、抽出器の導波路に沿う方向の受光面の長さによって

(10)

特開平5-87635

決まる。

〔0067〕上記した如く、例えば、導波路に沿う方向において使用される受光面の長さや回折光のビーム径程度とすると ~ 0.5 mmの分解能が得られる。この場合、導波路と光検出器の距離を10 mmとすると、有効受光面の長さは、おおよそ $30 \mu\text{m}$ となる。この時、回折の受光面と検出器にデッドスペースが存在すると、その分、波長分解能が低下することとなる。有効受光面の長さが短くなると、デッドスペースの割合が多くなるので、これを無くする本発明例には有効である。更に、前記受光面の長さ $2/3$ 程度にすれば、回折後のビーム径分布を平坦化でき、分解能を、 $1/2 \sim 1/3$ に上げることが可能になる。又は、分解能が同程度で充分であれば、導波路と光検出器の距離を近づけることにより、装置全体をコンパクトにする。

【0068】また、回折光のファークールドパターン（FFP）の導波路に沿う方向のなまり角（ ϕ ）は、現在0.2度程度であるが、回折格子の形状、光導波路の長さ、長さを変化させることにより、0.1度以下に出来るので、本実施例を用いることにより、分解能を $\sim 0.1\text{nm}$ 以下まで向上させることが可能である。

本実施例では、例えば、各光検出器の受光量を検出することにより、受光強度の変化と方向の相関、この結果に従って、回折格子のブラッグ波長を各検出器にシフトさせることにより、受光強度のブラッグトラッキングが可能となる。その他の構成については、上記実施例と同一である。

【0069】第10实施例

図14は、本発明に基づき3電極分布反折(DBR)型波導可変半導体レーザ部と波長および出力を制御するモニタ部の電極配置をモニタリングに成功した事例10の実験例の構成図である。図面において、 n -GaAs基板152上に、順に、 n -Al_{0.1}Ga_{0.9}As光増光領域153、Al_{0.1}Ga_{0.9}As光導波路154($0 \leq y < x-1$)となっている。これにより光増光領域153のエネルギーギャップの反折が光増光領域154のそれより大くなく、逆折が弱く、さくくり光増光に帰結を来すこと、 p -Al_{0.1}Ga_{0.9}As光増光領域155、 p -Al_{0.1}Ga_{0.9}Asコンタクト層157($0 < z < 1$)が形成される。コンタクト層157の1層組成としては、発振長共に、電界が少くなくように形成されている。積層方向順に、 n -GaAsエポキシ後の形成で評価された高抵抗 n -Al_{0.1}Ga_{0.9}As光増光領域156で行われる。 n -Al_{0.1}Ga_{0.9}As光導波路154においては、 z を含む電極波長および波長制御の位置に、レーザ部の電極配置には性質1) DBR領域では存在反折1部163が形成される。またモニタ部では反折反折1部163が形成される。コンタクト層157の上には、上部P型電極158、171、172、173が形成される。またモニタ部の電極158には、回折光増光増光159が形成される。 n -GaAs基板15

2の裏面には、n型電極151が形成されている。更に、回折光出射用窓159の上方には、3個の素子PD1、2、3から成る光検出素子列160が配置されている。

【0070】以上の構成において、波長可変半導体レーザを発振させると、モニター部の導波路にレーザ光が入射する。モニター部の回折格子163により回折光が導波路上面に出射される。この時、入射光の波長が回折格子163のブラッグ波長と一致していれば上記回折光は導波路から垂直な方向に出射される。ここの事情は、第1実施例と同じである。

【0071】図15は、波長および出力モニター機能を有する図14の半導体レーザ装置用光検出装置を使用するための簡単なブロック図である。これは、基本的には、図2の構成と同一である。図15において、光入力部設定として、波長可変レーザを発振させ、モニター部に1入力したときの出力光の強度分岐の値が検出される様に、光検出部160の電圧のモニター部123に1入力される様に、光源経路への注入電流をモニター部123に入力電流制御回路181で制御して検出部130のP3のラック波長を変化させる。この時、他の検出部130のP1、P3への入力光量は、等しいか、あるいは異なる様に設定される。

【0072】この時、発振波長および光出力（PD2の信号、又はPD1、2、3の合計信号）が所望の値に達していなければ、所望の値になるまで、上記操作をくり返す。この状態で送信を開始し、送信中に入射光の波長が長い方へ変化すると、検出素子PD2の入射光量が減少すると共に、検出素子PD1の入射光量が増加し検出素子PD3の入射光量は減少するから、そのまゝである。

技術回路182で、PD1(輸出系干PD1の入射光強度) - PD3、及びPD2 - PD1(又はPD3)を演算すること。この入射光の波長の変化と方向が分かる。そして、技術回路182にてレーザ管注入電流制御回路183を制御して半導体レーザ171、172、173(特に、電極173)への注込光強度を変化させて、発光面長を長方形形状へ整形させることにより、発光面の放射線源部分の中心の偏位量をPD2、23に出力する様にできる。また、光出力は、PD1、2、3の出力値の合計が一定になるように、半導体レーザの電極171、172、173(特に、電極171)への注込光強度を制御することにより、一定にされ、発光面および出力を常所希望の値に維持することが可能となる。こうして、装置重量増加に対する長さ増大の増大が回避される。本実施例においては、レーザ部DBR構造に用いられる共振器162が2つのものであれば、モノリシック型共振器163と同一ピッチで動作するため、制御が簡単となる。

【0073】第11实施例

図16は、本発明の第11実施例であり、ファブリペロ半導体レーザ(FP-LD)部と波長および出力を檢

(11)

特開平5-87635

19

20

出するモニター部の導波路部分をモノリシックに形成した構成図であり、図14と同じ機能部は、同一番号で示した。F-P-LDの共振極は、光出力側へ開面と、モニター側のエッチングで形成されたミラー面で形成されている。エッチングで形成されたミラー面からは一部が透過光となり、モニター部の導波路に入射する。

【0074】図17は、本実施例を使用するための簡単な制御ブロック図である。図15と同じ機能部は、同一番号で示した。F-P-LD部の光出力の制御は、レーザ部に入力電流制御回路188による高圧171への入力電流制御で行ない、波長の制御は、ペルチェ冷却回路189により、F-P-LD部の温度をペルチェ素子(1)190を通して制御することで行なうものである。F-P-LD部の発振波長の温度依存性は 0.3 nm/deg と比較的大きいので広帯域において使用可能である。モニター部の温度はペルチェ素子(2)191を通して制御される。

【0075】第10、および第11実施例では、半導体レーザ部とモニター部の導波路をモノリシックに構成した形態を示したが、それぞれを個別素子で構成し、導波路間をレンズやファイバ等で結合する形態も可能である。また、半導体レーザ単体として、波長可変機能を持たない分布型レーザや反布反型レーザも利用出来る。

【0076】第12実施例

図18に本発明の光検出装置を備えた光通信システムの第12実施例を示す。図18において、200は送信側局、250、300は分岐合流器、400は受信側局、500は光ファイバ等の光伝送路である。送信側局200は、夫々、信号処理部と電気-光変換部である第10実施例等の半導体レーザを備えた光検出装置を含む光送信部などより構成される。受信側局400は、夫々、上記第1実施例等との光検出装置410と信号処理部420などより構成されている。

【0077】図18の構成の光通信システムにおいて、N個の送信側局200からは夫々異なる波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号が送出されており、それらは分岐合流器250にて波長多重されて、光伝送路500に送出される。光伝送路500を伝送されてきた光信号は、分岐合流器300でM個に分岐され、M個の受信側局400に入力される。受信側局400は、上記の光検出装置410を制御して、N個の波長の信号が多重された光信号の中から、必要な波長の光信号を選択して電気信号に変換する。この電気信号は、更に、信号処理部420にて処理されて、送信側局200から受信側局400への通信が完了する。

【0078】本実施例では複数の送信側局から複数の受信側局へ方向に伝送する例を示したが、分岐合流器300を省略し受信側局を1つにした構成や、分岐合流器250および300に夫々複数の送信側局と1つ以上の

受信側局を接続し、双方向に伝送する構成も考えられる。あるいは、ネットワークの構成として、光伝送路に分岐合流器等を介して送信受信側局をバス型に接続した構成、スターカブラ等を用いて送信受信側局をスター型に接続した構成、ループ状ネットワークに分岐合流器等を介して送信受信側局を接続した構成においても、異なる波長の光信号を送出する複数の送信側局(または送信部)と少なくとも1つの上記実施例の光検出装置を接続した受信側局(または受信部)がネットワークに接続されていれば上記と同様の通信が可能である。

【0079】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明では、回折格子を形成した半導体導波路から導波路の外部に出射される回折光を受光できる位置に光検出手段を配置して、例えば、導波路のブラッグ波長をここへの入力電流または印加電圧の制御により変化させて、常に光検出手段の所定部分に回折光が入射される様に構成すれば、入射光の波長トラッキングが可能となる。

【0080】また、本発明では、回折格子を形成した、1層以上の量子井戸を含む量子井戸構造を用いる半導体導波路から導波路の外部に出射される回折光を受光できる位置に光検出手段を配置して、例えば、導波路のブラッグ波長をここへの印加電圧の制御により変化させて、常に光検出手段の所定部分に回折光が入射される様に構成すれば、入射光の波長トラッキングが広い波長帯域において可能となる。この構成では、波長可変時の応答特性が改善される。

【0081】また、本発明では、回折格子を形成した、2層以上の量子井戸とその間の絶縁層を含む超格子構造を用いる半導体導波路から導波路の外部に出射される回折光を受光できる位置に光検出手段を配置して、例えば、導波路の絶縁層に印加される電界を制御することで量子井戸間の結合状態を変化させ、これに伴い屈折率を大きく変化させ、ブラッグ波長を拡大した可変で制御して常に光検出手段の所定部分に回折光が入射される様に構成すれば、入射光の波長トラッキングが更に広い波長帯域トラッキング幅において可能となる。この構成では、導波路光損失は増大せず、波長可変時の応答特性が改善される。

【0082】また、本発明では、回折格子付き導波路と複数の光検出器で構成される光検出装置において、検出器の受光面が導波路に沿う方向に長い検出器を光検出器の端に、連続的または分離して、配置することにより、迅速な波長チューニングまたは波長多重光信号内からの特定の波長の複数の信号の同時検出が可能となる。

【0083】また、本発明では、回折格子付き導波路と複数の光検出器で構成される光検出装置において、前記複数の光検出器が導波路に沿う方向に複数配置されておき、かつ導波路方向において、統合的に見て、受光面

が連結していることにより、光検出装置の波長分散能力が向上し、より精密な波長トラッキングなどが可能となる。

【0084】また、本発明では、回折格子付き光導波路において、該導波路の一部を光増幅部とすることで、回折光強度を強くすること、及び透射光を著しく減衰せしめることが可能となる。また、同一の構成を個別素子の組み合わせで実現する場合に比べて、その製造工程を簡単にし、光損失を抑えている。

【0085】また、本発明では、回折格子を持つ半導体導波路から導波路の外部に射出される回折光を受光できる位置に光検出手段を配置して、半導体レーザの波長および/または光出力をモニターし、その信号を半導体レーザにフィードバックすることにより、常に波長および/または光出力を一定に保つことが可能になる。

【0086】また、本発明の光通信ネットワークでは、上記の光検出装置を受信端に、または上記半導体レーザ用の光検出装置を送信端に備えることにより、各信号の波長間隔を狭くできることで波長多重度を増した波長多重通信が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施した回折格子付き光導波路と光検出手段で構成された光検出装置の第1実施例の全体構成図である。

【図2】第1実施例の波長トラッキング機能を持たせるための構成のブロック図である。

【図3】本発明を実施した回折格子付き光導波路と光検出手段で構成された光検出装置の第2実施例の構成図である。

【図4】本発明を実施した回折格子付き光導波路と光検出手段で構成された光検出装置の第3実施例の半分を示す断面構成図である。

【図5】本発明を実施した回折格子付き光導波路と光検出手段で構成された光検出装置の第4実施例の半分を示す断面構成図である。

【図6】導波路の隔壁ポテンシャルが傾斜している例の模式図である。

【図7】導波路の隔壁ポテンシャルの傾斜を階段状で構成した例の模式図である。

【図8】導波路の隔壁を更に短周期の超格子構造で構成した例のポテンシャルの模式図である。

【図9】本発明を実施した増幅部を有する光検出装置の第5実施例の構成を示す図である。

【図10】本発明を実施した増幅部を有する光検出装置の第6実施例の構成を示す図である。

【図11】本発明を実施した回折格子付き光導波路と光検出手段で構成された光検出装置の第7実施例の全体構成図である。

【図12】波長多重された光信号から同時に特定の2波を検出できる第8実施例の光検出装置を説明する図である。

る。

【図13】本発明を実施した千島に配列された光検出器を有する光検出装置の第9実施例の構成図である。

【図14】本発明を実施した波長可変半導体レーザと波長および光出力のモニター部の導波路部分をモノリシックに形成した第10実施例の構成を示す図である。

【図15】第10実施例を制御するための構成を示す制御ブロック図である。

【図16】フリップベロ半導体レーザとモニター部の導波路部分をモノリシックに形成した第11実施例の構成を示す図である。

【図17】第11実施例を制御するための構成を示す制御ブロック図である。

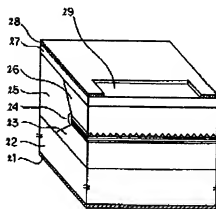
【図18】本発明による光検出装置を光通信システムに用いた第12実施例を示す図である。

【符号の説明】

1. 21, 41, 61, 111, 131, 151 n型電極
2. 22, 42, 62, 112, 132, 152 n-GaAs基板
3. 23, 43, 63, 113, 133, 153 下部光閉じ込め層(クラッド層)
4. 64, 114, 134, 154 光導波路層
5. 25, 45, 65, 115, 135, 155 高低抗埋め込み層
6. 26, 46, 66, 116, 136, 156 上部光閉じ込め層(クラッド層)
7. 27, 47, 67, 117, 137, 157 コンタクト層
8. 28, 48, 68, 158 p型電極
9. 29, 49, 69, 120, 140, 159 回折光出力用窓
11. 121, 141, 160 光検出素子列
- 12 シリンドリカルレンズ
- 15 注入高流制御回路
- 16, 182 比較回路
- 24, 44 超格子導波路層
- 31, 51 井戸層
- 32, 52 障壁層
- 33, 53, 124, 144 回折格子

	(13)	特開平5-87635
23		24
71, 75, 81	導波 *171	活性
露方向に長い受光面を持つ光検出器	領域のp型電極	
72, 73, 74, 82, 83, 84	導波 172	位相
露方向に短い受光面を持つ光検出器	調整領域のp型電極	
91~93, 101~103	個々 173	DB
の光検出器の受光面	R領域のp型電極	
118, 138	光増 181	モニ
幅部p型電極	ター部注入電流制御回路	
119, 139	回折 183, 188	レー
格子部p型電極	10 ザ部注入電流制御回路	
122, 142	光増 189	ベル
幅部	チェ制御回路	
123, 143	回折 190, 191	ベル
格子部	チェ素子	
125	集反 200	送信
射コーティング	端局	
146	第二 250, 300	分岐
の光増幅部	台流素子	
147	第二 400	受信
の光増幅部のp型電極	20 端局	
161	活性 410	光検
層	出装置	
162	半導 420	信号
体レーザ部の分布反射器を形成する回折格子	処理部	
163	モニ 500	光伝
ター部の回折格子	* 送路	

【図4】

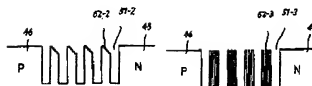


【図7】

【図8】



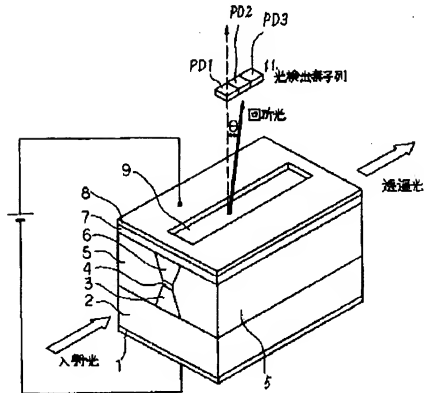
【図8】



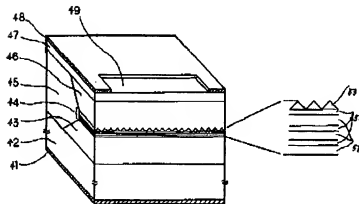
(14)

特開平5-87635

[図1]



[図5]

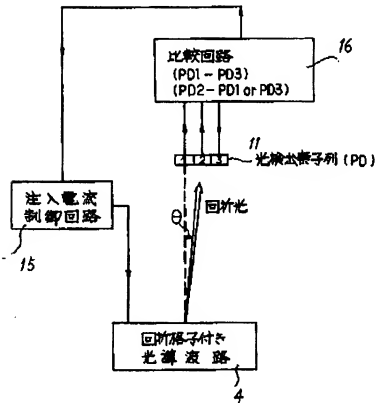


(15)

特開平5-87635

〔図2〕

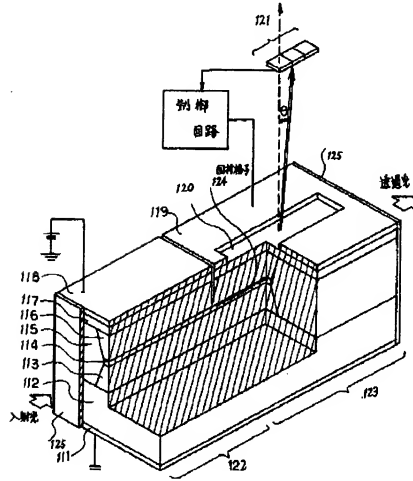
光検出装置のブロック図



(17)

特開平5-87635

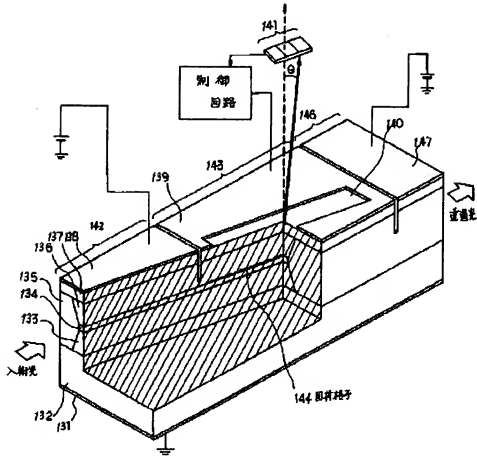
〔図9〕



(18)

特開平5-87635

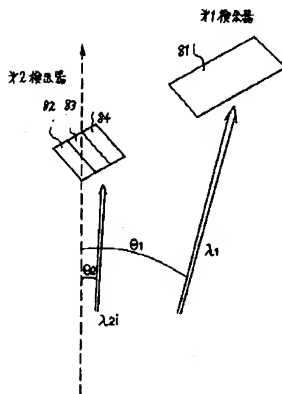
[圖10]



(20)

特開平5-87635

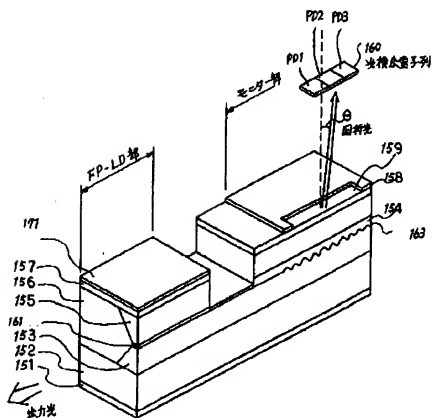
【圖12】



(23)

特開平5-87635

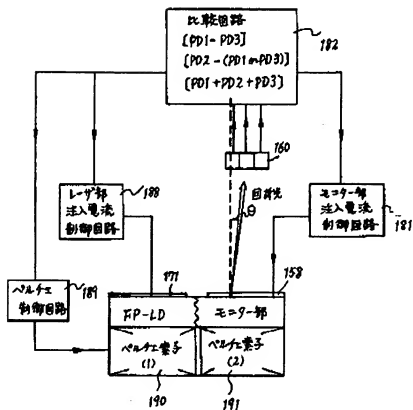
【図16】



(24)

特開平5-87635

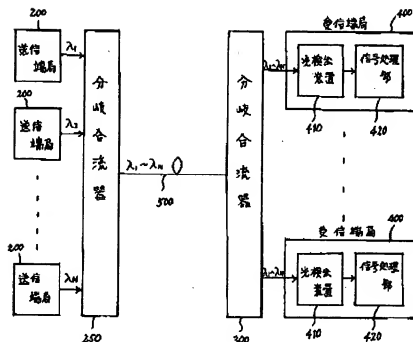
【図17】



(25)

特開平5-87635

【図18】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

H 0 1 L 31/10

H 0 4 B 10/02

H 0 4 J 14/04

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所